溫室生產能源利用效率評估 及餘能再利用技術之建立

張學豪*, 林孟廷**, 謝廣文***

*中興大學生物產業機電工程學系碩士

**中興大學生物產業機電工程學系學士

***中興大學生物產業機電工程學系副教授

一、摘要

本研究建立一套溫室設施排風餘能利用微風力發電離型系統，利用設施之大型通風扇所產生之穩定風源下，設計一導風與整流機構，架設於通風扇出風口，使風能有效收集集中導向微風力發電機，再透過最大功率追蹤器(Max Power Point Tracking)進行最大功率之輸出且及時偵測風機電壓、充電電流及電池電壓並進行負載管理，並搭配以 PLC 為核心的控制系統，利用雙電瓶獨立進行充、放電動作，控制程式依據電瓶電壓判斷並自動切換充、放電模式。將風力發電機所產生之電力儲存於電瓶中，再由電瓶所儲存的能量提供給負載使用，形成一套儲能與負載最佳化自動控制系統，達到餘能回收再利用之效果，且實踐節能減碳之目的。另完成溫室自動化硬體輸出入設施之盤點與規劃，並以可程式控制器為系統核心，依作物栽培專業及能耗考量區分日夜間不同軟體控制策略，再輔以人機介面主機做為重要控制參數之設定介面，以做為實務作物栽培之最適化控制。另一方面，溫濕度數據已採自動化方式進入資訊系統資料庫，並可採即時掃瞄或歷史查詢方式遠端調閱資料。設施能源調查是對生產現場的能源利用資訊做蒐集，利用已開發之電能功率檢測模組，檢測生產設備的實際耗能狀況，並收集生產資材與生產成效的相關資訊，將其整理分析後，建立一能源利用效率的評估模式，提供設施栽培生產能源效益最佳化之策略，進而提升能源利用效率。

關鍵字:微風力發電、雙電瓶、餘能回收

二、前言

隨著科技的進步、經濟的成長及人類在經濟活動上日趨發達之際，造成大量的石化燃料消耗及排放二氧化碳，導致全球所面臨之環境問題相當嚴重。當前全球所面臨氣候變遷、暖化、臭氧層之耗損與破壞、酸雨蔓延及大氣、海洋、河川汙染等問題，其中氣候變遷、暖化可說是最嚴峻的考驗。由於人類無法離開環境而生存，但是人類的行為及思想將嚴重的影響環境變化。在蘊藏有限的化石燃料中，為了防止化石燃料用盡後所面臨的能源危機，各國也受到危機意識紛紛進行再生能源的開發及節能減碳之政策。因此投資再生能源是可以降低二氧化碳之排放且能舒緩所受能源危機之困擾。

政府也積極加強推動再生能源之開發利用，再生能源之定義為太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、水力等直接利用或處理後所產生之能源且認定為可永續利用之能源。其中以水利、風力、太陽能等較具有發展潛力，因此須提出更多方案及實施辦法以達成能源轉換及能源使用效率之提升(台灣電力公司，2009)。

面臨全球環境變遷及氣候異常等考驗，因此利用現代化設施進行作物栽培已成為世界各國生產之趨勢。設施生產主要是透過溫室之環控系統生產作物，以降低災害發生所帶來的損失，並可提高作物產量與質量，然而溫室通風之目的在於維持作物最佳生長環境，避免高溫損害作物與控制內部溫度及相對濕度並進行換氣。自然通風可節省能源，但其缺點為易造成溫室內部溫濕度分布不均勻。而機械通風之溫室則是裝置大型通風扇，利用大型通風扇使溫室內氣流流動，並搭配水牆或噴霧系統進行降溫動作。最佳的通風控制為多段通風設定，可提供更精確的降溫能力，減少能量與提升作物品質。

三、材料與方法

3.1 系統架構設計

本研究整體系統架構如圖 1 所示，係利用溫室通風扇所排出之穩定風源透過導風及整流機構使風集中且有效收集，並減少紊流以均勻平行風方式導向風力發電機，將風機之動能轉換為機械能，再將機械能轉化為電能使用，進而提升風力發電機之發電效率。再搭配最大功率追蹤器找出風機最大功率點對蓄電瓶進行充電，且即時偵測風機電壓、充電電流與蓄電池電壓及電池狀態，透過 RS-485 將資訊傳輸至以 PLC 為控制核心之控制器且每分鐘記錄一筆資訊並儲存至 Data Bank，資訊包含：日期、時間、電瓶電壓、風機充電電流、MPPT 充電電壓、電池狀態及切換狀態。再由設計之控制系統進行蓄電池之充、放電機制管理(含市電輔助供電、充電)，最後再將所儲存之電力提供給溫室負載端使用，負載端為 LED 燈 4 支、網路攝影機(IP CAM)與集線器(HUB)電源。

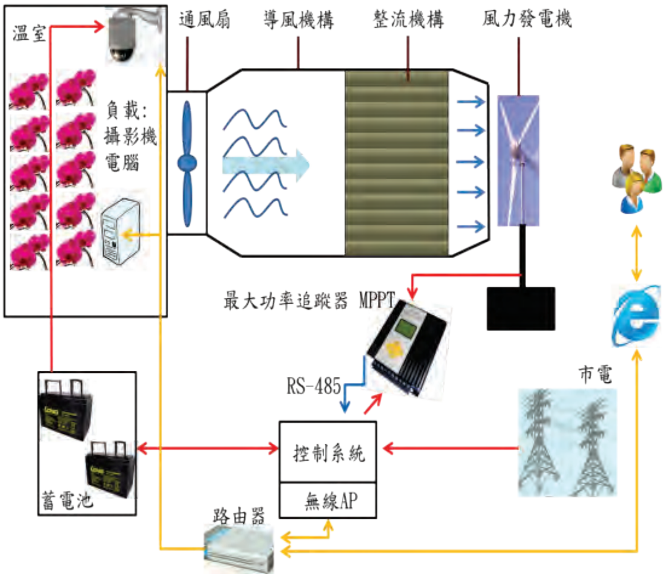

圖 1 風力發電系統架構圖

網路部分透過控制器之 HUB 將 PLC 模組、IP CAM 與溫室內現場端電腦形成一個內網域，再從遠端電腦透過 google 遠端連線進入現場端電腦，透過內網連結後，即可觀看 IP CAM 之攝影畫面及監看 PLC 控制流程與風機發電狀態。

本計畫於雲林古坑花卉中心進行實驗，將利用通風扇所排出之風源透過導風與整流機構導向風力發電機，達到餘能回收再利用之效果。

本研究採用：

- 54 吋通風扇、馬力 1HP、電壓 380V、葉片數為 6 葉、風機外徑出風口為 127 公分、外框邊長為 137 公分。
- 微風力發電機如，600W 葉片、半徑 0.65m、葉片數 3 葉。
- 導風與整流機構，將通風扇所排出之順時針風源經導風與整流機構轉為平行風，且有效收集並集中導向風力發電機，以提升發電效率。全長 185cm，主要由三段所組成，分別為擴張段、整流段、收縮段。
- 最大功率追蹤器(MPPT)，功能為風機運轉時可隨時找出最大功率點對蓄電池進行充電，且能即時偵測風機電壓、電流、電池電壓、電量及狀態。
- 熱線式風速計，作為量測風速使用。

3.2 風速、風能與通風量量測試驗

本實驗使用熱線式風速計進行風速量測。將通風扇分割為 5 個同心圓狀，而環狀面積皆相同。量測點應位於環帶面積對分之區隔線上，以半徑 R 之圓為中心依垂直方向 Y 軸與水平方向 X 軸沿伸佈置 20 個量測點，若假設出風口面積為 a，一環狀則為$\frac{1}{5}$a，

第一點為$\sqrt{\frac{1}{10}}$=0.316R、第二點為$\sqrt{\frac{1}{5}+\frac{1}{10}}$=0.548R、第三點為$\sqrt{\frac{2}{5}+\frac{1}{10}}$=0.707R、第四點為$\sqrt{\frac{3}{5}+\frac{1}{10}}$=0.837、第五點為$\sqrt{\frac{4}{5}+\frac{1}{10}}$=0.949，。進而比較通風扇後端無裝設導風與整流機構與加裝導風與整流機構所產生風速及風之分佈圖並透過公式$P=\frac{1}{2}\times\rho\times\pi\times R^2\times v^3$及 $Q=v\times A\times 60$ 得到風能與通風量，且進一步進行探討。搭配最大功率追蹤器(MPPT)找出風機最大功率點對蓄電瓶進行充電且即時偵測風機電壓、電流、電池電壓與狀態等，再透過 RS-485 將資訊傳送至控制器並做紀錄，再依所記錄之數據顯示進行風機效能分析。

3.3 溫室自動控制系統設置

本研究嘗試以玉女小番茄為標的農作物，研製一套適合於熱帶簡易塑膠棚溫網室下的自動控制系統，主要設備有若干感測元件及數據紀錄器、可程式控制器及人機介面主機。數據紀錄器每 10 分鐘紀錄 1 筆環境資訊，同時支援有線網路及無線 DHCP 伺服器網路，方便使用者就地透過無線方式截取資料或在遠端進行傳輸與控制，數據紀錄器本身除身兼網路路由器外，亦具備資料倉儲的功能。如圖 4 為感測器及制動器設置與方位圖，設置的無線感測器計有 10 顆室外型溫濕度計、太陽熱輻射計、風速計、光量子感測器及網路攝影機等。首先類比信號會先經傳送器轉為 4-20 mA 標準儀電信號，再利用 1-wire bus 界面給傳送器後再發送 WiFi 信號給無線感測網路工作站，後者再將資料以 RS485 有線方式送入數據紀錄器。

四、結果與討論

本實驗完成導風與整流機構設計，並架設於古坑花卉中心。於溫室通風扇後端與風力發電機之間架設所設計之導風與整流機構，使通風扇所排出之風經導風與整流機構後以均勻風導向風力發電機。

4.1 風速及分布實驗結果

於相同風扇開啟狀態時，由上述所提及之量測方法進行量測，通風扇後段無架設導風與整流機構時，最小風速為 1.6m/s、最大風速為 13.2m/s、平均風速為 8.8m/s。

通風扇後段架設導風與整流機構時，最小風速為 4.8m/s、最大風速為 11.8m/s、平均風速為 8.2m/s。(表 1)

表 1. 風速、通風量、風能量測

	無架設導風與整流機構	有架設導風與整流機構
最小風速(m/s)	1.6	4.8
最大風速(m/s)	13.2	11.8
平均風速(m/s)	8.8	8.3
通風量(m^3/min)	671.5	649.4
風能(W)	519.3	436.7

搭配 MPPT 進行最大功率之輸出並透過 PLC 程式將每分鐘記錄一筆資訊，包含兩顆電瓶之電壓、MPPT 充電電壓、風機充電電流及模式切換狀態等。

將通風扇在固定條件下進行後段有無架設導風與整流機構時風機之發電功率測試及風能轉換效率計算。

4.2 溫室自動控制系統設置

完成以可程式控制器及人機界面為系統核心之自動控制系統，可程式控制器搭配溫室常用輸出輸入設備自動採集溫室數據，並根據作物栽培專業及能耗考量區分日夜間不同軟體控制策略。控制輸出的設備有東西側排風扇，東西向循環風扇，灌溉泵浦、捲簾、南北側捲簾及遮陰網等。

人機界面製作手動/自動切換開關，手動模式下以人工方式分別控制各項周邊設施，自動模式下則依據控制策略交由可程式控制器來執行。人機並以面板來顯示當下數據與歷史曲線圖，而控制策略重要之設定如啟用、停用參數、執行、遮蔽時間等均以面板調整方式來設定，以提供現場作業人員調整作物栽培的環境關鍵參數。

五、結論

1. 通風扇在未加裝導風與整流機構時，利用國家標準風機測定方法得知其風速並不穩定且分布不均勻，越靠近圓心風速越小，平均風速約為 9.5m/s；通風扇架設本第一代以方形輸出之導風機構且以 PVC 圓管組成之整流機構後，雖然中心風速有稍稍提升但因出風口面積增加且角落本來就無風因而導致整體風速下降，平均風速為 6.3m/s；通風扇架設第二代以圓形輸出之導風機構且以垂直與水平隔板之整流機構後，圓心附近之風速明顯提升，有效將風收集且分佈更為平均，平均風速為 8.5m/s。
2. 使用雙電瓶將獨立進行充、放電動作，可有效延長負載供電及使用壽命，並能使風機對電瓶之充電更有效率。
3. 完成以可程式控制器為核心運用於溫室環境之自動化系統，並儲存溫室觀測數據

於資訊系統資料庫中，隨時可線上掃描與調閱數據或圖表。資訊系統於技術的強化與資料的整合兩方面經評估仍有若干改進的空間。

4. 本年度小番茄生產參照農委會番茄良好農業規範(TGAP)栽培進行，產量以位於溫室中央走道兩側最高，南側端第 1 行最低，5 月分後溫濕度轉高，在節用能源與藥劑考量下，並未使用植物生長調節劑，單純以溫溼度控制方式栽培。在病蟲害孳生、藥劑使用、能源節用與控制系統間取得平衡以達最佳效益仍是重要課題。

六、參考文獻

（參考文獻格式：包含作者全名、論文題目、發表日期、發表刊物及頁碼。中英文皆有時，中文應全列在前，文獻編號按姓氏筆畫之順序，同一作者依其刊出時間排序。英文以第一作者姓的英文字母來序。中英文之期刊、書籍、論文集之編排格式範例，請參考下頁參考文獻部分。）

1. 謝銘治。2009。小型風力發電機葉片之結構力學分析研究。碩士論文：長庚大學機械工程研究所。
2. 顏炳郎。2012。小型風力發電機於植物工廠的應用。台灣農學會報 13 卷 5 期:471-486。
3. 蘇永明。2005。小型風力機介紹。工研院能資所再生能源推廣室。
4. 陳響亮、陳廷宗、林昆輝。2013。綠色農場遠端自動化監控系統之研究。TANET2013 臺灣網際網路研討會【論文集】。
5. 萬一怒。農業無線感測器網路建構技術。農漁牧產業自動化網站
6. 方煒。田間伺服器與無線感測網路的國內外發展。2006。作物、環境與生物資訊。3:76-93。
7. 陳響亮、陳明皇。基於 Wi-Fi 無線網路技術之工具機廠區監控系統建置。2013。TANET2013 臺灣網際網路研討會-【論文集】。
8. 何榮祥、鄒佳倫、蕭艾茹。溫室內溫度量測與環控系統效能評估。2010。[民 99.12] 頁 67-76。行政院農業委員會臺中區農業改良場研究彙報。
9. 吳祥銘、許成源、鍾瑞永、黃裕益。分散式模組化設施環境監控系統之研究。2011。J. Agri. & Fore. 60(1): 51-66。
10. 方煒。田間伺服器與無線感測網路的國內外發展。2006。作物生產及運銷專家系統整合與促進研討會論文。
11. 吳政隆、余政杰。運用 Wi-Fi 技術實現遠端通訊。2014。International Journal of Science and Engineering Vol.4 No.2:9-12.
12. Kot, R., M. Rolak and M. Malinowski .2013. "Comparison of maximum peak power tracking algorithms for a small wind turbine." Mathematics and Computers in Simulation **91**(0): 29-40.
13. Hong, Se-Woon, In-Bok Lee .2012.Small-scale Wind Power Generation

SystemUtilizing Ventilation Flow In Livestock Building.Proceedings of the 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB)：18-20.

14.De Broe, A. M., S. Drouilhet and V. Gevorgian .1999."A peak power tracker for small wind turbines in battery charging applications." Energy Conversion, IEEE Transactions on 14(4): 1630-1635.

15. Peiying, L., P. Yutian, M. Yanqiang and Q. Qingzhang .2011. Study on an active voltage equalization charge system of a series battery pack. Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT), 2011 International Conference on.

16. Gu, Y., D. Xie, Y. Zhang, M. Zhang and J. Li .2011. The small wind turbine characteristics test. Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2011 International Conference on.